

Д.М. КЛЕЦ, к. т. н., доц., докторант каф. технологии машиностроения и ремонта машин, ХНАДУ, Харьков

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

Розроблено імітаційну візуальну модель автомобіля, що враховує параметри системи «водій – автомобіль – дорожнє середовище» і дозволяє виконувати оцінку показників його керованості, стійкості та динамічності в середовищі Simulink.

Ключові слова: маневреність, автомобіль, імітаційне моделювання, комп'ютерна модель

Разработана имитационная визуальная модель автомобиля, учитывающая параметры системы «водитель – автомобиль – дорожная среда» и позволяющая выполнять оценку показателей его управляемости, устойчивости и динамичности в среде Simulink.

Ключевые слова: маневренность, автомобиль, имитационное моделирование, компьютерная модель

It's developed visual simulation vehicle model, taking into account the parameters of the "driver-vehicle-road environment" that allows to estimate its controllability, stability and dynamics in Simulink.

Keywords: manoeuvrability, automobile, imitation modeling, computer model

Постановка проблемы. При разработке новых, а также кваліметричної оцінці і модернізації існуючих автомобілів актуальним є питання вибору коректних математических моделей оцінки показателів їх маневренності. Прогнозувати поведінку автомобіля при впливі на нього різних факторів зовнішньої середовища і керуючих впливів водія зручно з використанням імітаційного візуального моделювання в спеціалізованому програмному забезпеченні на електронних обчислювальних машинах. Це дозволяє значно економити час і кошти, які були б витрачені на проведення дорожнього експерименту, вивчити швидкоплинні процеси в уповільненому режимі, а також підвищити безпеку досліджень. При імітаційному моделюванні досліджуваного автомобіля замінюється комп'ютерною моделлю, з достатньою точністю описують стан реальної системи і дозволяють враховувати вплив на неї зовнішніх впливів.

Аналіз літератури. Питанням дослідження властивостей маневренності колісних машин присвячені роботи значного числа вітчизняних і зарубіжних авторів [1-6]. В роботі [5] в якості критерію стійкості руху колісної машини запропоновано коефіцієнт стійкості. Зазначений коефіцієнт дорівнює відношенню моменту стабілізуючого до зовнішнього моменту і при русі по прямій визначається з наступного співвідношення

© Д.М. Клец, 2013

$$K_{уст} = \frac{b}{a} \cdot \frac{R_{\delta_2}}{R_{\delta_1}}, \quad (1)$$

где $R_{\delta_1}, R_{\delta_2}$ – боковые реакции дороги на передней и задней осях автомобиля; a, b – расстояние от проекции центра масс автомобиля на горизонтальной плоскости до передней и задней оси автомобиля.

При $K_{уст} > 1$ движение автомобиля устойчиво, при $K_{уст} < 1$ – неустойчиво, при $K_{уст} = 1$ автомобиль находится на грани выхода из зоны устойчивого движения.

Коэффициент управляемости двухосной машины [5] определяется при движении на повороте из следующего соотношения

$$K_{уп} = \frac{R_{k_1}}{R_{\delta_2}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \sin \alpha + \frac{R_{\delta_1}}{R_{\delta_2}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где R_{k_1} – касательная реакция на переднем направляющем колесе, а α – угол поворота направляющих колес.

Коэффициент динамичности автомобиля определяется из зависимости [5]

$$K_{дин} = \frac{N_e \cdot \eta_{мп} \cdot (1 - S_x)}{m_a \cdot g \cdot V_a \cdot \left(f + \frac{k \cdot F}{m_a \cdot g} \cdot V_a^2 \right)}. \quad (3)$$

где V_a – линейная скорость автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению; m_a – масса автомобиля; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $k \cdot F$ – фактор обтекаемости; N_e – эффективная мощность двигателя; $\eta_{мп}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии; S_x – относительное буксование ведущих колес.

Наиболее мощным и гибким инструментом для имитационного визуального моделирования динамики автомобиля является MatLab / Simulink. Таким образом, представляет интерес моделирование движения автомобиля, оценка показателей его маневренности и эффективности работы систем безопасности с помощью указанного пакета.

Цель статьи – оценка показателей управляемости, устойчивости и динамичности автомобиля с помощью его имитационной визуальной модели, учитывающей параметры системы «водитель-автомобиль-дорожная среда».

Оценка показателей устойчивости и управляемости автомобиля при визуальном моделировании его динамики. Модель визуализации динамики автомобиля построена на основе Simulink-модели Vehicle Dynamics Visualization with Graphs [7]. Структура подсистемы Coordinate Transformations приведена на рис. 1. На рис. 2 приведена зависимость продольных R_x , боковых R_y и нормальных R_z реакций, действующих на колеса исследуемого автомобиля, от времени его движения.

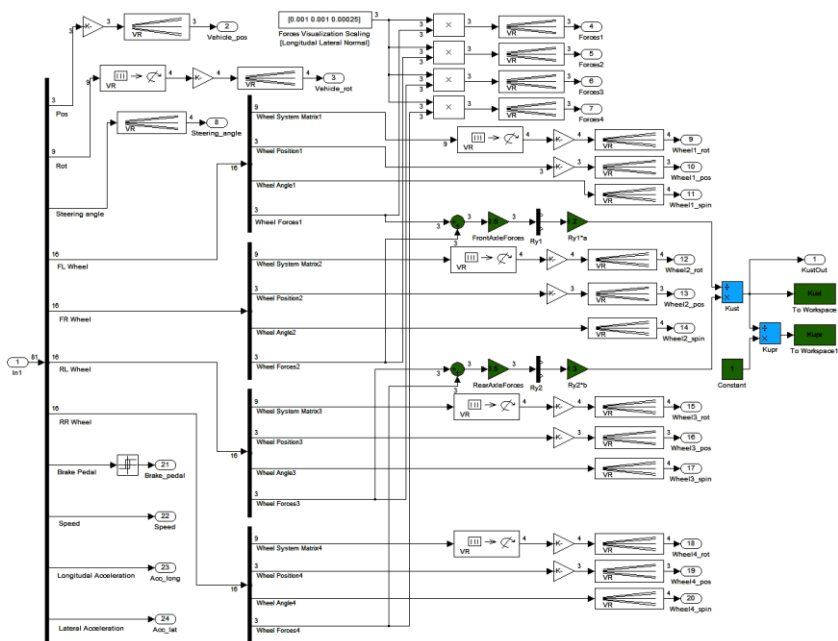


Рисунок 1 – Структура подсистемы Coordinate Transformations

Подсистема Coordinate Transformations содержит инструменты по преобразованию величин ускорений, линейной и угловой скоростей автомобиля, реакций на колесах, углов поворота рулевого и направляющих колес в сигналы инструментов Simulink. Блоки Kust и Kusr позволяют экспортировать в рабочее пространство Matlab определенные с помощью указанной модели величины коэффициентов устойчивости и управляемости.

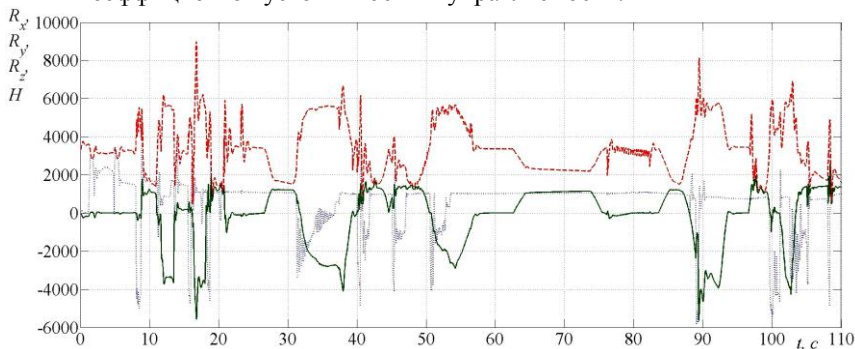


Рисунок 2 – Зависимость продольных, боковых и нормальных реакций, действующих на колеса исследуемого автомобиля, от времени его движения: $\cdots R_x$, $\text{—} R_y$, $\text{--} R_z$

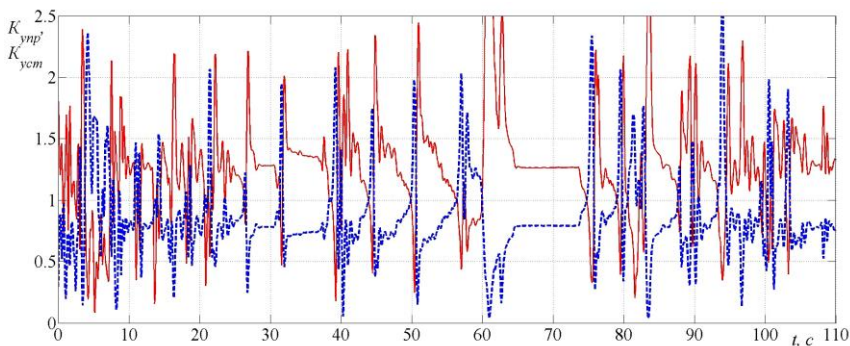


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента управляемости и коэффициента устойчивости от времени движения исследуемого автомобиля: — K_{ynp} ; - - K_{ycm}

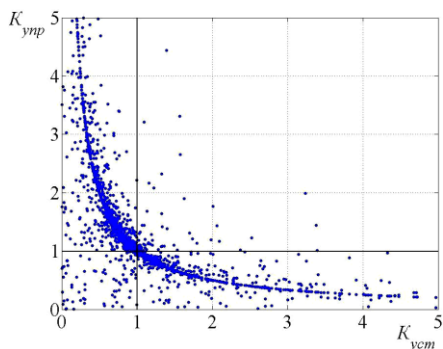
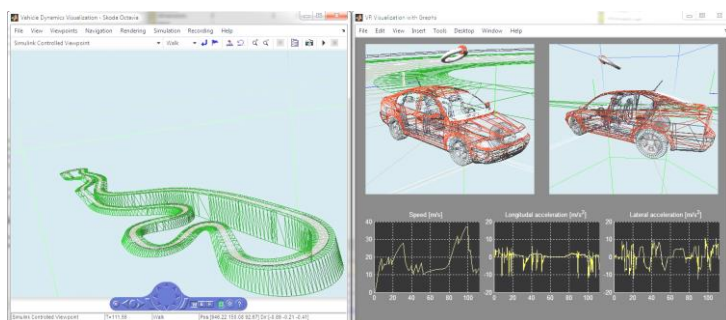


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента управляемости от коэффициента устойчивости

На рис. 3 показана зависимость коэффициента управляемости K_{ynp} и коэффициента устойчивости K_{ycm} от времени движения исследуемого автомобиля, а на рис. 4 – зависимость $K_{ynp} = f(K_{ycm})$. На рис. 5 показаны 3D модели исследуемой трассы и автомобиля с позиции Simulink Controlled Viewport [8].

Таким образом, разработанная модель позволяет прогнозировать параметры движения автомобиля и выполнять оценку показателей его маневренности с помощью MatLab/Simulink.

Рисунок 5 – 3D модель исследуемой трассы и автомобиля



Выводы. Разработанная имитационная визуальная модель автомобиля, учи-

творюючи параметри системи «водитель – автомобіль – дорожня среда» дозволяють виконувати оцінку показників його управляємості, стійкості, динамічності в середі Simulink і значно зекономити час і засоби, а також підвищити безпеку досліджень.

При виході з маневру “переставка” при заданих умовах руху досліджуваного автомобіля з відключеною ESP виникають кутові прискорення, досягають $0,5 \text{ c}^{-1}$, що свідчить про початок заносу. Кутові прискорення автомобіля з включеною ESP при аналогічних умовах не перевищують $0,05 \text{ c}^{-1}$.

Список літератури. 1. Бобошко А.А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / ХНАДУ. – Харків, 2002. – 19 с. 2. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я. Х. Закин. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с. 3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М: Машиностроение, 1971. – 416 с. 4. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобошко / Под ред. М.А.Подригало. - Харків: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с. 5. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. – Харків: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с. 6. Electronic Stability Control Systems : Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 126. – Office of Regulatory Analysis and Evaluation, National Center for Statistics and Analysis, 2006. – 142 p. 7. Vehicle Dynamics Visualization with Graphs. The MathWorks, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathworks.com/products/3d-animation/examples.html?file=/products/demos/shipping/sl3d/vr_octavia_graphs.htm. 8. Vehicle Dynamics Visualization – Simulation of Multiple Objects. The MathWorks, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathworks.com/products/3d-animation/examples.html?file=/products/demos/shipping/sl3d/vr_octavia_2cars.html.

Поступила в редакцію 08.04.2013

УДК 539.3

А.В. ЛИТВИНЕНКО, к.т.н., дир. НИЦ УК «Рейлтрансхолдинг»,
Мариуполь

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Запропоновано розвиток узагальненого параметричного підходу для дослідження напружено-деформованого стану корпусів транспортних засобів спеціального призначення на етапі проектування і технологічної підготовки виробництва. Математична формалізація параметричного опису конструкцій та всіх етапів їх життєвого циклу дає можливість будувати високоефективні спеціалізовані системи комп'ютерного проектування, технологічної підготовки виробництва, дослідження, виготовлення та експлуатації.

Ключові слова: транспортний засіб спеціального призначення, бронекорпус, системи комп'ютерного проектування, напружено-деформований стан, власні частоти коливань

© А.В. Литвиненко, 2013